

第 5 章 数学插图

Du Ang

du2ang233@gmail.com

2017 年 7 月 29 日

目录

1 概述	2
2 picture 环境	2
2.1 基本命令	2
2.2 线段 (Line Segments)	3
2.3 箭头 (Arrows)	4
2.4 圆 (Circles)	4
2.5 文字和公式	6
2.6 <code>\multiput</code> 和 <code>\linethickness</code>	6
2.7 椭圆 (Ovals)	7
2.8 图片框 (Picture Boxes)	8
2.9 二次贝塞尔曲线 (Quadratic Bézier Curves)	9
2.10 垂曲线 (Catenary)	10
2.11 狭义相对论速度 (Rapidity in the Special Theory of Relativity)	11
3 TikZ 绘图语言	11
3.1 TikZ 坐标和路径	12
3.2 TikZ 绘图命令和参数	15
3.3 TikZ 文字结点	16
3.4 TikZ 其他的一些示例	19

1 概述

除了排版文字， \LaTeX 也支持用代码表示图形。 \LaTeX 提供了原始的 `picture` 环境，能够绘制一些基本的图形如点、线、矩形、圆等等。不过受制于 \LaTeX 本身，它的绘图功能极为有限，效果也不够美观。

不同的扩展极大地丰富了 \LaTeX 的图形功能，`TikZ` 就是其中之一。一些特殊的绘图，如交换图、树状图甚至分子式和电路图也能够通过代码绘制，不过过于复杂。

现在流行的绘图代码有以下几种：

- `PSTricks`

以 PostScript 语言的功能为基础的绘图宏包，具有优秀的绘图能力。它对老式的 `latex + dvips` 编译命令支持最好，而现在的几种编译命令下使用起来都不够方便。

- `TikZ & pgf`

德国的 Till Tantau 在开发著名的 \LaTeX 幻灯片文档类 `beamer` 时一并开发了绘图宏包 `pgf`，目的是令其能够在 `pdf \LaTeX` 或 `x \LaTeX` 等不同的编译命令下都能使用。`TikZ` 是在 `pgf` 基础上封装的一个宏包，采用了类似 `METAPOST` 的语法，提供了方便的绘图命令。

- `METAPOST & Asymptote`

`METAPOST` 脱胎于高德纳为 \TeX 配套开发的字体生成程序 `METAFONT`，具有优秀的绘图能力，并能够调用 \TeX 引擎向图片中插入文字和公式。`Asymptote` 在 `METAPOST` 的基础上更进一步，具有一定的类似 C 语言的编程能力，支持三维图形的绘制。

它们往往需要把代码写在单独的文件里，用特定的工具去编译，也可以借助特殊的宏包在 \LaTeX 代码里直接使用。

2 `picture` 环境

2.1 基本命令

`picture` 环境可以通过以下命令创建：

```
\begin{picture}(x,y)...\end{picture}
```

或

```
\begin{picture}(x,y)(x0,y0)...\end{picture}
```

数字 x, y, x_0, y_0 和 `\unitlength` 有关。`\unitlength` 默认值是 `1pt`，可以通过 `\setlength{\unitlength}{1.2cm}` 命令设置。

大多数的绘图命令有两种形式：

```
\put{x,y}{object}
```

或

```
\multiput(x,y)(x_delta, y_delta){n}{object}
```

但是贝塞尔曲线 (Bézier curves) 是个例外，通过 `\qbezier(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)` 命令绘制。

2.2 线段 (Line Segments)

线段命令: `\put(x,y){\line(x1,y1){length}}`

`\line` 命令有两个参数: 1. 方向向量, 2. 长度

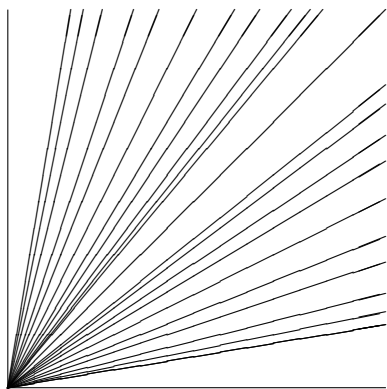
方向向量的取值只限于 $\{-6, -5, \dots, 5, 6\}$ 这些整数, 并且需要互素。

下面的示例展示了第一象限中所有 25 种可能的斜线段。线段的长度跟单位长度 `\unitlength` 有关。

示例代码:

```
\setlength{\unitlength}{5cm}
\begin{picture}(1, 1)
  \put(0, 0){\line(0, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(1, 0){1}}
  \put(0, 0){\line(1, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(1, 2){.5}}
  \put(0, 0){\line(1, 3){.3333}}
  \put(0, 0){\line(1, 4){.25}}
  \put(0, 0){\line(1, 5){.2}}
  \put(0, 0){\line(1, 6){.166667}}
  \put(0, 0){\line(2, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(2, 3){.66667}}
  \put(0, 0){\line(2, 5){.4}}
  \put(0, 0){\line(3, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(3, 2){1}}
  \put(0, 0){\line(3, 4){.75}}
  \put(0, 0){\line(3, 5){.6}}
  \put(0, 0){\line(4, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(4, 3){1}}
  \put(0, 0){\line(4, 5){.8}}
  \put(0, 0){\line(5, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(5, 2){1}}
  \put(0, 0){\line(5, 3){1}}
  \put(0, 0){\line(5, 4){1}}
  \put(0, 0){\line(5, 6){.833333}}
  \put(0, 0){\line(6, 1){1}}
  \put(0, 0){\line(6, 1){1}}
\end{picture}
```

示例输出:



2.3 箭头 (Arrows)

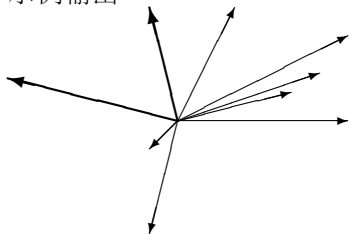
箭头命令: `\put(x,y){\vector(x1,y1){length}}`

对于箭头, 方向向量从 $\{-4, -3, \dots, 3, 4\}$ 中取值, 并且也需要互素。`\thicklines` 命令和 `\thinlines` 命令可以控制箭头的粗细。

示例代码:

```
\setlength{\unitlength}{0.75mm}
\begin{picture}(60, 40)
  \put(30, 20){\vector(1, 0){30}}
  \put(30, 20){\vector(4, 1){20}}
  \put(30, 20){\vector(3, 1){25}}
  \put(30, 20){\vector(2, 1){30}}
  \put(30, 20){\vector(1, 2){10}}
  \thicklines
  \put(30, 20){\vector(-4, 1){30}}
  \put(30, 20){\vector(-1, 4){5}}
  \thinlines
  \put(30, 20){\vector(-1, -1){5}}
  \put(30, 20){\vector(-1, -4){5}}
\end{picture}
```

示例输出:



2.4 圆 (Circles)

`\put(x,y){\circle{diameter}}` 命令会以 (x,y) 为圆心、以 *diameter* 为半径的圆。picture 环境允许最大的直径大约为 14mm。`\circle*` 命令可以画实心的圆盘。

示例代码：

```

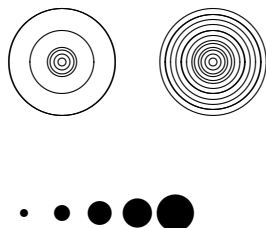
\setlength{\unitlength}{1mm}
\begin{picture}(60, 40)
    \put(20, 30){\circle{1}}
    \put(20, 30){\circle{2}}
    \put(20, 30){\circle{3}}
    \put(20, 30){\circle{4}}
    \put(20, 30){\circle{8}}
    \put(20, 30){\circle{16}}
    \put(20, 30){\circle{32}}

    \put(40, 30){\circle{1}}
    \put(40, 30){\circle{2}}
    \put(40, 30){\circle{3}}
    \put(40, 30){\circle{4}}
    \put(40, 30){\circle{5}}
    \put(40, 30){\circle{6}}
    \put(40, 30){\circle{7}}
    \put(40, 30){\circle{8}}
    \put(40, 30){\circle{9}}
    \put(40, 30){\circle{10}}
    \put(40, 30){\circle{11}}
    \put(40, 30){\circle{12}}
    \put(40, 30){\circle{13}}
    \put(40, 30){\circle{14}}

    \put(15, 10){\circle*{1}}
    \put(20, 10){\circle*{2}}
    \put(25, 10){\circle*{3}}
    \put(30, 10){\circle*{4}}
    \put(35, 10){\circle*{5}}
\end{picture}

```

示例输出：

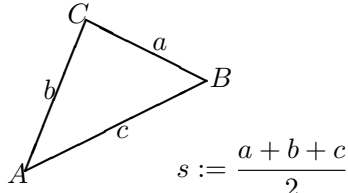


2.5 文字和公式

示例代码：

```
\setlength{\unitlength}{0.8cm}
\begin{picture}(6, 5)
  \thicklines
  \put(1, 0.5){\line(2, 1){3}}
  \put(4, 2){\line(-2, 1){2}}
  \put(2, 3){\line(-2, -5){1}}
  \put(0.7, 0.3){$A$}
  \put(4.05, 1.9){$B$}
  \put(1.7, 2.95){$C$}
  \put(3.1, 2.5){$a$}
  \put(1.3, 1.7){$b$}
  \put(2.5, 1.05){$c$}
  \put(0.3, 4){$F=\sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$}
  \put(3.5, 0.4){$\displaystyle s:=\frac{a+b+c}{2}$}
\end{picture}
```

示例输出：

$$F = \sqrt{s(s-a)(s-b)(s-c)}$$


$$s := \frac{a + b + c}{2}$$

2.6 \multiput 和 \linethickness

`\multiput(x, y)(delta_x, delta_y){n}{object}` 命令有 4 个参数：起点，从一个物体平移到另一个的平移向量，物体的数量，待画物体。`\linethickness` 命令只适用于横线和竖线，不能用于斜线和圆，但是能用于二次贝塞尔曲线。

示例代码：

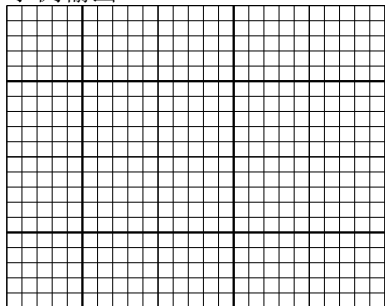
```
\setlength{\unitlength}{2mm}
\begin{picture}(30, 20)
  \linethickness{0.075mm}
  \multiput(0, 0)(1, 0){26}{\line(0, 1){20}}
  \multiput(0, 0)(0, 1){21}{\line(1, 0){25}}
  \linethickness{0.15mm}
  \multiput(0, 0)(5, 0){6}{\line(0, 1){20}}
  \multiput(0, 0)(0, 5){5}{\line(1, 0){25}}
```

```

\linethickness{0.3mm}
\multiput(5, 0)(10, 0){2}{\line(0, 1){20}}
\multiput(0, 5)(0, 10){2}{\line(1, 0){25}}
\end{picture}

```

示例输出：



2.7 椭圆 (Ovals)

`\put(x, y){\oval(w, h)}` 或 `\put(x, y){\oval(w, h)[position]}` 命令可以产生一个以 (x, y) 为中心、宽 w 、高 h 的椭圆。可选参数 *position* 可以为 **b**、**t**、**l**、**r** 或其组合，分别代表上 (“top”)、下 (“bottom”)、左 (“left”)、右 (“right”)。

一方面，线宽可以通过 `\linethickness` 命令指定；另一方面，可以通过 `\thinlines` 和 `\thicklines` 命令控制。`\linethickness` 仅可用于横线、竖线和贝塞尔曲线，`\thinlines` 和 `\thicklines` 可以用于斜线段、圆和椭圆。

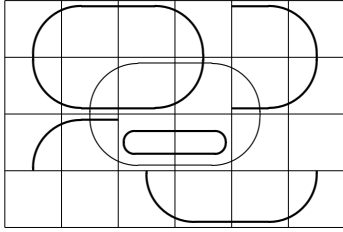
示例代码：

```

\setlength{\unitlength}{0.75cm}
\begin{picture}(6, 4)
  \linethickness{0.075mm}
  \multiput(0, 0)(1, 0){7}{\line(0, 1){4}}
  \multiput(0, 0)(0, 1){5}{\line(1, 0){6}}
  \thicklines
  \put(2, 3){\oval(3, 1.8)}
  \thinlines
  \put(3, 2){\oval(3, 1.8)}
  \thicklines
  \put(2, 1){\oval(3, 1.8)[t1]}
  \put(4, 1){\oval(3, 1.8)[b]}
  \put(4, 3){\oval(3, 1.8)[r]}
  \put(3, 1.5){\oval(1.8, 0.4)}
\end{picture}

```

示例输出：



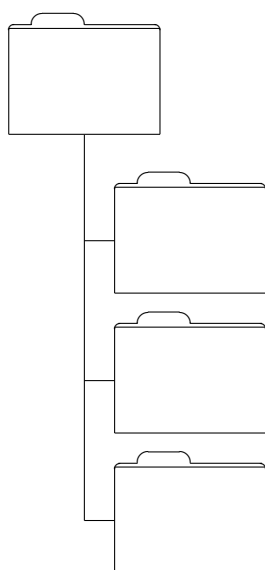
2.8 图片框 (Picture Boxes)

1. 通过 `\newsavebox{name}` 来声明一个图片框；
2. 然后用 `\savebox{name}(width, height)[position]{content}` 命令进行定义；
3. 最后用 `\put(x, y){\usebox{name}}` 命令使用定义好的图片框。

上面命令中的可选参数 *position* 用于定义 savebox 中的定位点 (anchor point)。
示例代码：

```
\setlength{\unitlength}{0.5mm}
\begin{picture}(120, 168)
  \newsavebox{\foldera}
  \savebox{\foldera}(40, 32)[b1]{
    % definition of foldera
    \multiput(0, 0)(0, 28){2}{\line(1, 0){40}}
    \multiput(0, 0)(40, 0){2}{\line(0, 1){28}}
    \put(1, 28){\oval(2, 2)[t1]}
    \put(1, 29){\line(1, 0){5}}
    \put(9, 29){\oval(6, 6)[t1]}
    \put(9, 32){\line(1, 0){8}}
    \put(17, 29){\oval(6, 6)[tr]}
    \put(20, 29){\line(1, 0){19}}
    \put(39, 28){\oval(2, 2)[tr]}
  }
  \newsavebox{\folderb}
  \savebox{\folderb}(40, 32)[l]{
    % definition of folderb
    \put(0, 14){\line(1, 0){8}}
    \put(8, 0){\usebox{\foldera}}
  }
  \put(34, 26){\line(0, 1){102}}
  \put(14, 128){\usebox{\foldera}}
  \multiput(34, 86)(0, -37){3}{\usebox{\folderb}}
\end{picture}
```

示例输出：



2.9 二次贝塞尔曲线 (Quadratic Bézier Curves)

贝塞尔曲线 (Bézier curves) 可通过 `\qbezier(x_1, y_1)(x_2, y_2)(x_3, y_3)` 命令绘制。

用 $P_1 = (x_1, y_1)$, $P_2 = (x_2, y_2)$ 表示两个端点, 用 m_1 、 m_2 分别表示二次贝塞尔曲线的两个斜率。中间控制点 $S = (x, y)$ 由下面的方程得到:

$$\begin{cases} rclx &= \frac{m_2 x_2 - m_1 x_1 - (y_2 - y_1)}{m_2 - m_1}, \\ y &= y_i + m_i(x - x_i) \quad (i = 1, 2). \end{cases} \quad (1)$$

示例代码:

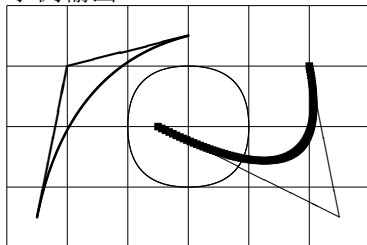
```
\setlength{\unitlength}{0.8cm}
\begin{picture}(6, 4)
  \linethickness{0.075mm}
  \multiput(0, 0)(1, 0){7}{\line(0, 1){4}}
  \multiput(0, 0)(0, 1){5}{\line(1, 0){6}}
  \thicklines
  \put(0.5, 0.5){\line(1, 5){0.5}}
  \put(1, 3){\line(4, 1){2}}
  \qbezier(0.5, 0.5)(1, 3)(3, 3.5)
  \thinlines
  \put(2.5, 2){\line(2, -1){3}}
  \put(5.5, 0.5){\line(-1, 5){0.5}}
  \linethickness{1mm}
  \qbezier(2.5, 2)(5.5, 0.5)(5, 3)
  \thinlines
  \qbezier(4, 2)(4, 3)(3, 3)
```

```

\qbezier(3, 3)(2, 3)(2, 2)
\qbezier(2, 2)(2, 1)(3, 1)
\qbezier(3, 1)(4, 1)(4, 2)
\end{picture}

```

示例输出:



2.10 垂曲线 (Catenary)

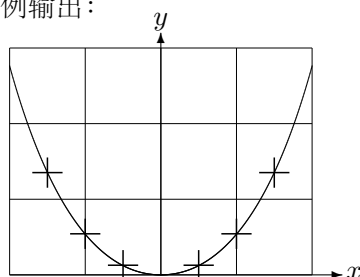
示例代码:

```

\setlength{\unitlength}{1cm}
\begin{picture}(4.3, 3.6)(-2.5, -0.25)
  \put(-2, 0){\vector(1, 0){4.4}}
  \put(2.45, -.05){$x$}
  \put(0, 0){\vector(0, 1){3.2}}
  \put(0, 3.35){\makebox(0, 0){$y$}}
  \qbezier(0.0, 0.0)(1.2384, 0.0)(2.0, 2.7622)
  \qbezier(0.0, 0.0)(-1.2384, 0.0)(-2.0, 2.7622)
  \linethickness{.075mm}
  \multiput(-2, 0)(1, 0){5}{\line(0, 1){3}}
  \multiput(-2, 0)(0, 1){4}{\line(1, 0){4}}
  \linethickness{.2mm}
  \put(.3, .12763){\line(1, 0){.4}}
  \put(.5, -.07237){\line(0, 1){.4}}
  \put(-.7, .12763){\line(1, 0){.4}}
  \put(-.5, -.07237){\line(0, 1){.4}}
  \put(.8, .54308){\line(1, 0){.4}}
  \put(1, .34308){\line(0, 1){.4}}
  \put(-1.2, .54308){\line(1, 0){.4}}
  \put(-1, .34308){\line(0, 1){.4}}
  \put(1.3, 1.35241){\line(1, 0){.4}}
  \put(1.5, 1.15241){\line(0, 1){.4}}
  \put(-1.7, 1.35241){\line(1, 0){.4}}
  \put(-1.5, 1.15241){\line(0, 1){.4}}
  \put(-2.5, -0.25){\circle*{0.2}}
\end{picture}

```

示例输出：



在上面的示例中，每一半垂曲线 $y = \cosh x - 1$ 都是由二次贝塞尔曲线近似的。右半边曲线的端点是 $(2, 2.7622)$ ，该点的斜率为 $m = 3.6269$ 。再次利用公式 (1)，可以计算得到中间控制点，分别是 $(1.2384, 0)$ 和 $(-1.2384, 0)$ 。图中十字标出的是真实垂曲线上的点，和近似的点误差很小，少于百分之一。

上面的示例也展示了如何使用 `\begin{picture}` 命令的可选参数：

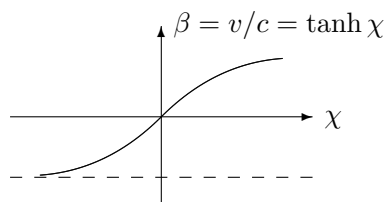
```
\begin{picture}(4.3, 3.6)(-2.5, -0.25)
```

2.11 狭义相对论速度 (Rapidity in the Special Theory of Relativity)

示例代码：

```
\setlength{\unitlength}{0.8cm}
\begin{picture}(6, 4)(-3, -2)
  \put(-2.5, 0){\vector(1, 0){5}}
  \put(2.7, -0.1){\mathbf{\chi}}
  \put(0, -1.5){\vector(0, 1){3}}
  \multiput(-2.5, -1)(0.4, 0){13}{\line(1, 0){0.2}}
  \put(0.2, 1.4){\mathbf{\beta = v / c = \tanh \chi}}
  \q bezier(0, 0)(0.8853, 0.8853)(2, 0.9640)
  \q bezier(0, 0)(-0.8853, -0.8853)(-2, -0.9640)
  \put(-3, -2){\circle*{0.2}}
\end{picture}
```

示例输出：



两条贝塞尔曲线的控制点是由公式 (1) 计算得到的。正半支曲线由 $P_1 = (0, 0)$, $m_1 = 1$, $P_2 = (2, \tanh 2)$, $m_2 = 1/\cosh^2 2$ 决定。

3 TikZ 绘图语言

在导言区调用 `tikz` 宏包，就可以用以下命令和环境使用 TikZ 的绘图功能了：

```

\tikz[...]<tikz code>
\tikz[...]{<tikz code 1>; <tikz code 2>; ...}
\begin{tikzpicture}[...]
    <tikz code 1>;
    <tikz code 2>;
    ...
\end{tikzpicture}

```

前一种用法为 `\tikz` 单条绘图命令，以分号结束，一般用于在文字之间插入简单的图形；后两种用法较为常见，使用多条绘图命令，可以在 `figure` 等浮动体中使用。

3.1 TikZ 坐标和路径

TikZ 用直角坐标系或者极坐标系描述点的位置。

- 直角坐标下，点的位置写作 (x, y) ，坐标 x 和 y 可以用 L^AT_EX 支持的任意单位表示，缺省值为 `cm`；
- 极坐标下，点的位置写作 $(\theta : r)$ 。 θ 为极角，单位是度。

我们还可以为某个点命名：`\coordinate(A) at (x, y)`，然后就可以使用 (A) 作为点的位置了：

```

\begin{tikzpicture}
    \draw (0, 0) -- (30 : 1);    % 极坐标 (30 : 1)
    \draw (1, 0) -- (2, 1);
    \coordinate (S) at (0, 1);
    \draw (S) -- (1, 1);
\end{tikzpicture}

```

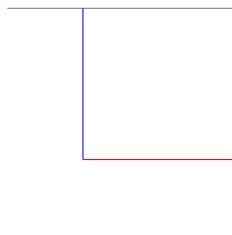


坐标的表示形式还包括“垂足”形式：

```

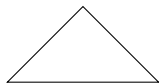
\begin{tikzpicture}
    \coordinate (S) at (2, 2);
    \draw[gray] (-1, 2) -- (S);
    \draw[gray] (2, -1) -- (S);
    \draw[red] (0, 0) -- (0, 0 -| S);
    \draw[blue] (0, 0) -- (0, 0 |- S);
\end{tikzpicture}

```



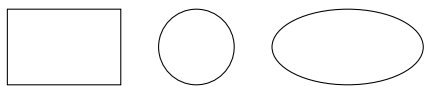
TikZ 最基本的路径为两点之间连线, 如 $(x_1, y_1) -- (x_2, y_2)$, 可以连用表示多个连线 (折线)。连续使用折线时, 可以使用 `cycle` 令路径回到起点, 生成闭合的路径:

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) -- (1, 1) -- (2, 0) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



矩形、圆和椭圆:

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) rectangle (1.5, 1);
  \draw (2.5, 0.5) circle[radius = 0.5];
  \draw (4.5, 0.5) ellipse[x radius = 1, y radius = 0.5];
\end{tikzpicture}
```



直角、圆弧、椭圆弧:

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) |- (1, 1);
  \draw (1, 0) -| (2, 1);
  \draw (4, 0) arc (0 : 135 : 1);
  \draw (6, 0) arc (0 : 135 : 1 and 0.5);
\end{tikzpicture}
```



正弦、余弦曲线 (四分之一一个周期):

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) sin (1.57, 1);
  \draw (0, 1) sin (1.57, 0);
  \draw (2, 1) cos (3.57, 0);
  \draw (2, 0) cos (3.57, 1);
\end{tikzpicture}
```

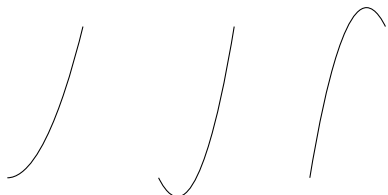


抛物线 (parabola), 用 `bend` 控制顶点:

```

\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) parabola (1, 2);
  \draw (2, 0) parabola bend (2.25, -0.25) (3, 2);
  \draw (4, 0) parabola bend (4.75, 2.25) (5, 2);
\end{tikzpicture}

```

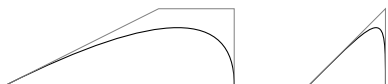


二次和三次贝塞尔曲线，分别使用一个和两个控制点：

```

\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) .. controls (2, 1) and (3, 1) .. (3, 0);
  \draw (4, 0) .. controls (5, 1) .. (5, 0);
  \draw[help lines] (0, 0) -- (2, 1) -- (3, 1) -- (3, 0)
    (4, 0) -- (5, 1) -- (5, 0);
\end{tikzpicture}

```

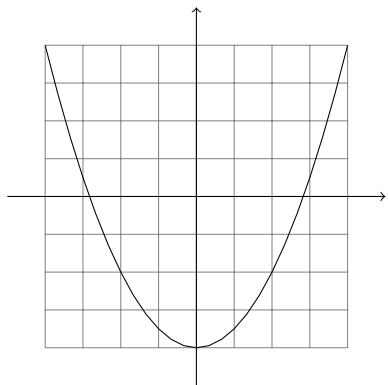


网格、函数图像，网格可用 `step` 参数控制网格大小，函数图像用 `domain` 参数控制定义域：

```

\begin{tikzpicture}
  \draw[help lines, step = 0.5] (-2, -2) grid (2, 2);
  \draw[->] (-2.5, 0) -- (2.5, 0);
  \draw[->] (0, -2.5) -- (0, 2.5);
  \draw[domain = -2 : 2] plot(\x, {\x * \x - 2});
\end{tikzpicture}

```



3.2 TikZ 绘图命令和参数

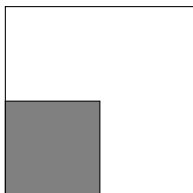
除了 `\draw` 命令之外，TikZ 还提供了 `\fill` 命令来填充图形，`\filldraw` 命令同时则同时填充和描边。除了矩形、圆等现成的闭合图形外，`\fill` 和 `\filldraw` 命令也能够填充人为构造的闭合路径。

```
\draw[...] <path>;  
\fill[...] <path>;  
\filldraw[...] <path>;
```

绘图参数可作为可选参数用在 `tikzpicture` 环境或 `\tikz` 命令时，参数会影响到所有具体的绘图命令；用在单个绘图命令 `\draw`、`\filldraw` 等时，只对这个命令起效。

TikZ 还提供了 `scope` 环境，令一些绘图参数在局部起效：

```
\begin{tikzpicture}  
  \draw (0, 0) rectangle (2.5, 2.5);  
  \begin{scope}[fill=gray, scale=0.5]  
    \filldraw (0, 0) rectangle (2.5, 2.5);  
  \end{scope}  
\end{tikzpicture}
```



TikZ 有很多绘图参数，这些参数令 TikZ 能够绘制丰富多彩的图像，一些参数见表1。

表 1: TikZ 常用的一些绘图参数

- `color=<color>`
为线条 (`\draw`) 或填充 (`\fill`) 指定颜色, `color` 使用颜色名或是 `xcolor` 的混合颜色语法。往往可以不写 `color=` 直接写颜色名称。
- `color=<color> / draw=<color>`
分别给 `\filldraw` 指定填充和描边的颜色。也可给 `\fill` 和 `\draw` 命令使用。不带参数直接使用 `fill` 和 `draw`, 相当于用默认颜色。
- `line width=<length>`
指定线条粗细为 `width`。默认普通线宽为 0.4pt。
- `thin / semithick / thick / ...`
指定线条粗细为预定义的某个类型, 默认为 `thin`。总共有其中预定义的类型: `ultra thin`、`very thin`、`thin`、`semithick`、`thick`、`very thick`、`ultra thick`。
- `help lines`
指定线条为辅助线, 相当于 `line width=0.2pt, gray`。
- `solid / dashed / dotted / dash dot / dash dot dot / ...`
指定线条类型 (实线、虚线等)。
- `rounded corners`
将路径转向处绘制成圆角。可写成 `rounded corners=<radius>` 使用给定的半径。
- `-> / -< / -to / -latex / -stealth / ...`
指定路径终点的箭头种类。
- `<- / >- / to- / latex- / -stealth / ...`
指定路径起点的箭头种类。起点和终点的箭头可以搭配, 如 `<->` 或者 `latex-to` 等。
- `scale=<scale>`
指定整个图像或某个路径的缩放比例。
- `xshift=<length> / yshift=<length>`
指定整个图像或某个路径相对于原位置的水平/垂直位移。
- `rotate=<angle>`
指定整个图像或某个路径旋转一定角度。

3.3 TikZ 文字结点

TikZ 用 `\node` 命令绘制文字结点:

```
\node[options] (name) at (coordinate) {text};
```

其中, `name` 为结点命令, 类似 `\coordinate`; `at (coordinate)` 指定结点的位置。这两者和前面的

options 都可以省略，只有 `text` 是必填的。

```
\begin{tikzpicture}
  \node (A) at (0, 0) {A};
  \node (B) at (1, 0) {B};
  \node (C) at (60 : 1) {C};
  \draw (A) -- (B) -- (C) -- (A);
\end{tikzpicture}
```

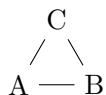


表 1 中的参数可用于 `\node` 命令的配置。除此之外，`\node` 还有一些特定的参数，见表 2。

表 2: TikZ 结点使用的一些绘图参数

- `anchor=<position>`
指定结点的某个角落 *position* 位于给定的位置 *coordinate*。参数 *position* 用 `center`、`north`、`north west` 等形式表示。
- `centered / above / below / left / right / above left / ...`
指定结点相对于 *coordinate* 的位置，`anchor=<position>` 的等效写法。`above` 相当于 `anchor=south`，以此类推。带参数的形式 `above=<length>` 指定结点相对于 *coordinate* 的距离。
- `shape=<shape>`
结点的形状，默认可用 `rectangle` 和 `circle`，可省略 `shape=` 直接写。在环境前使用 `\usetikzlibrary{shapes.geometric}` 命令可用更多的形状。
- `inner sep=<length> / outer sep=<length>`
结点边界向外和向内的额外距离。
- `minimum size=<length> / minimum height=<length> / minimum width=<length>`
结点的最小大小/高度/宽度。
- `text=<color>`
结点文字的颜色。
- `node font=`
结点文字的字体，形如 `\bfseries` 或 `\itshape` 等。

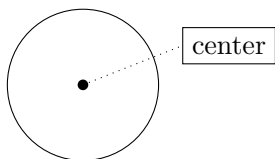
`\node` 命令不仅可以为文字结点的位置命名，在 `\draw` 等命令中还可以使用某个结点的相对位置，以“东南西北”的方式命名：

```
\begin{tikzpicture}
  \draw (0, 0) circle[radius=1];
  \fill (0, 0) circle[radius=2pt];
```

```

\draw[draw] (P) at (15 : 2) {center};
\draw[dotted] (0, 0) -- (P.west);
\end{tikzpicture}

```

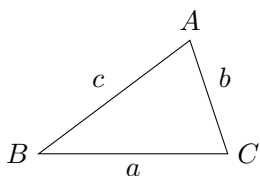


另一种用法是在 `\draw` 等命令的路径中使用 `node`，不仅可以对某个位置标记结点，还能够对线标记：

```

\begin{tikzpicture}
\draw (2, 1.5) node[above] {$A$} -- node[above left] {$c$}
(0, 0) node[left] {$B$} -- node[below] {$a$}
(2.5, 0) node[right] {$C$} -- node[above right] {$b$} cycle; % cycle 令路径回到起点
\end{tikzpicture}

```

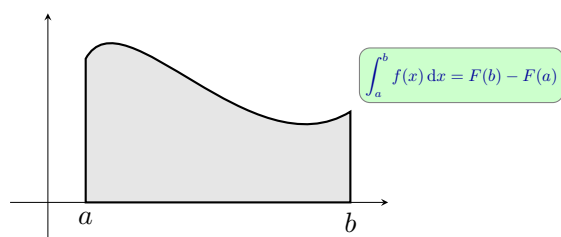


除了 `\node` 命令之外，`coordinate` 也可以通过参数为某个位置添加文字 (label)。下面是一个较为复杂的例子，综合前面的各种路径、形状、文字结点和参数设置：

```

\begin{tikzpicture}
\draw[-stealth, line width=0.2pt] (-0.5, 0) -- (4.5, 0);
\draw[-stealth, line width=0.2pt] (0, -0.5) -- (0, 2.5);
\coordinate (a) at (0.5, 1.9);
\coordinate (b) at (4, 1.2);
\coordinate[label=below:$a$] (a0) at (a |- 0, 0);
\coordinate[label=below:$b$] (b0) at (b |- 0, 0);
\filldraw[fill=gray!20, draw, thick]
(a0) -- (a) .. controls (1, 2.8) and (2.7, 0.4) .. (b) -- (b0) -- cycle;
\node[above right, outer sep=0.2cm, rounded corners, fill=green!20, draw=gray,
text=blue!60!black, scale=0.6]
at (b) {$\displaystyle \int_a^b f(x) \mathrm{d}x = F(b) - F(a)$};
\end{tikzpicture}

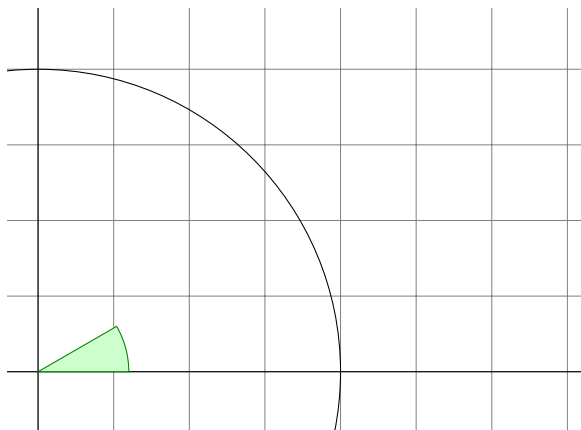
```



3.4 TikZ 其他的一些示例

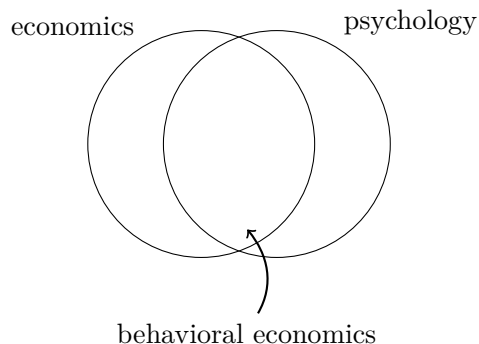
弧和扇形:

```
\begin{tikzpicture}
  \clip (-0.4, -0.8) rectangle (7.2, 4.8);
  \draw[step=1cm, gray, very thin] (-5.6, -5.6) grid (13.6, 13.6);
  \draw (-6.0, 0) -- (10.0, 0);
  \draw (0, -6.0) -- (0, 6.0);
  \draw (0, 0) circle (4cm);
  \filldraw[fill=green!20!white, draw=green!50!black]
    (0, 0) -- (12mm, 0mm) arc (0 : 30 : 12mm) -- cycle;
\end{tikzpicture}
```



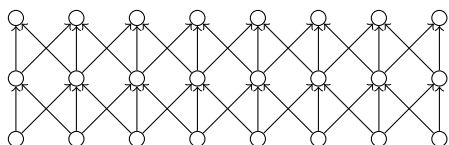
简单的维恩图 (Venn diagram):

```
\begin{tikzpicture}
  \node[circle, draw, minimum size=3cm, label=120:{economics}]
    at (0, 0) {};
  \node[circle, draw, minimum size=3cm, label=60:{psychology}]
    at (1, 0) {};
  \node (i) at (0.5, -1) {};
  \node at (0.6, -2.5) {behavioral economics}
    edge[->, thick, out=60, in=-50] (i);
\end{tikzpicture}
```



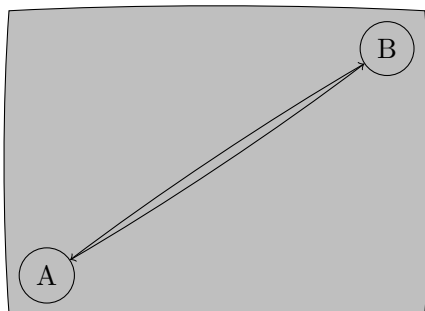
foreach 循环:

```
\begin{tikzpicture}[scale=0.8]
  \tikzstyle{v}=[circle, minimum size=2mm, inner sep=0pt, draw]
  \foreach \i in {1, ..., 8}
    \foreach \j in {1, ..., 3}
      \node[v] (G-\i-\j) at (\i, \j) {};
  \foreach \i in {1, ..., 8}
    \foreach \j/\o in {1/2, 2/3}
      \draw[->] (G-\i-\j) -- (G-\i-\o);
  \foreach \i/\n in {1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 6/7, 7/8}
    \foreach \j/\o in {1/2, 2/3} {
      \draw[->] (G-\i-\j) -- (G-\n-\o);
      \draw[->] (G-\n-\j) -- (G-\i-\o);
    }
\end{tikzpicture}
```



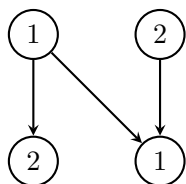
如果在 `tikzpicture` 环境前使用 `\usetikzlibrary` 命令, name 就可以启用更多的附加功能, 可以画出更特殊的形状, 就像下面的有些弯曲的盒子:

```
\usetikzlibrary{decorations.pathmorphing}
\begin{tikzpicture}[decoration={bent, aspect=.3}]
  \draw[decorate, fill=lightgray] (0, 0) rectangle (5.5, 4);
  \node[circle, draw] (A) at (.5, .5) {A};
  \node[circle, draw] (B) at (5, 3.5) {B};
  \draw[->, decorate] (A) -- (B);
  \draw[->, decorate] (B) -- (A);
\end{tikzpicture}
```



带圈的文字结点图：

```
\usetikzlibrary{positioning}
\begin{tikzpicture}[xscale=6, yscale=8, >=stealth]
  \tikzstyle{v}=[circle, minimum size=1mm, draw, thick]
  \node[v] (a) {$1$};
  \node[v] (b) [right=of a] {$2$};
  \node[v] (c) [below=of a] {$2$};
  \node[v] (d) [below=of b] {$1$};
  \draw[thick, ->] (a) to node {} (c);
  \draw[thick, ->] (a) to node {} (d);
  \draw[thick, ->] (b) to node {} (d);
\end{tikzpicture}
```



甚至可以用 TikZ 来画一些语法图，就好像是排版书籍时用 Pascal 语言编写输出的一样。但是代码比上面的例子要复杂很多，`pgf` 宏包的文档里有一些介绍。

如果必须要画一些数值数据或者数学方程的图像，可以用 `pgfplot` 宏包，它提供了你所有在画图时需要的东西，甚至可以调用 `gnuplot` 命令验证它画出的函数图像都没问题。

此外，在 TExample.net 上有一些关于 TikZ/PGF 的工具，所以不需要把所有的代码都敲一遍。